

## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 05 mai 2000 (05.05.00)	
Demande internationale no PCT/FR99/02089	Référence du dossier du déposant ou du mandataire BCT990053/BLO
Date du dépôt international (jour/mois/année) 02 septembre 1999 (02.09.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 04 septembre 1998 (04.09.98)
Déposant DORNSTETTER, Jean-Louis etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

29 mars 2000 (29.03.00)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no.de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé Kiwa Mpay no de téléphone: (41-22) 338.83.38
--	---

# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## PCT

### RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire <b>BCT990053/BLO</b>	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° <b>PCT/FR 99/ 02089</b>	Date du dépôt international (jour/mois/année) <b>02/09/1999</b>	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) <b>04/09/1998</b>
Déposant  <b>NORTEL MATRA CELLULAR et al.</b>		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.



Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

#### 1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
- ☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

#### 4. En ce qui concerne le **titre**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.



Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

#### 5. En ce qui concerne l'**abrégé**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant



le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

#### 6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégé est la Figure n°



suggérée par le déposant.



parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.



parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

2



Aucune des figures n'est à publier.

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02089

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H04L25/03

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 701 936 A (CLARK ADRIAN P ET AL) 20 octobre 1987 (1987-10-20) abrégé colonne 1, ligne 26 - ligne 34 colonne 3, ligne 30 - ligne 35 colonne 6, ligne 3 - ligne 14 colonne 6, ligne 32 - ligne 42 figure 1	1,3,5,7
A	US 4 484 338 A (CLARK ADRIAN P ET AL) 20 novembre 1984 (1984-11-20) colonne 3, ligne 49 - colonne 4, ligne 3 figure 1	1,3,5,7

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 octobre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/10/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Langinieux, F

G.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>BATEMAN S C ET AL: "COMPARISON OF ALGORITHMS FOR USE IN ADAPTIVE ADJUSTMENT OF DIGITAL DATA RECEIVERS" IEE PROCEEDINGS I. SOLID- STATE &amp; ELECTRON DEVICES, vol. 137, no. 2, PART 01, 1 avril 1990 (1990-04-01), pages 85-96, XP000113259 abrégé page 85, colonne de droite, dernier alinéa -page 86, colonne de droite, alinéa 1 page 87, colonne de gauche, dernier alinéa -colonne de droite, dernier alinéa * section 3 - Root-finding algorithms * figure 1</p> <p>-----</p>	1,4,5,8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02089

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4701936	A	20-10-1987	CA 1203859 A	29-04-1986
			EP 0121389 A	10-10-1984
			GB 2137459 A,B	03-10-1984
			JP 59185453 A	22-10-1984
<hr/>				
US 4484338	A	20-11-1984	GB 2087198 A	19-05-1982
			AT 12866 T	15-05-1985
			AU 541651 B	17-01-1985
			AU 7685681 A	06-05-1982
			CA 1202726 A	01-04-1986
			DK 476981 A	29-04-1982
			EP 0050930 A	05-05-1982
			ES 506607 A	01-10-1982
			IE 52427 B	28-10-1987
			JP 57127349 A	07-08-1982
			NZ 198717 A	16-08-1985
			ZA 8107174 A	27-10-1982
<hr/>				

091763934 ✓  
4  
T  
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

# PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference BCT990053/BLO	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR99/02089	International filing date (day/month/year) 02 September 1999 (02.09.99)	Priority date (day/month/year) 04 September 1998 (04.09.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04L 25/03		
Applicant NORTEL MATRA CELLULAR		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>5</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 29 March 2000 (29.03.00)	Date of completion of this report 18 August 2000 (18.08.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/02089

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-4,6-13, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 5, filed with the letter of 28 May 2000 (28.05.2000),  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-8, filed with the letter of 28 May 2000 (28.05.2000),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/2,2/2, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/FR 99/02089

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

- Reference is made to the following documents cited in the international search report:

D1: US-A-4 701 936 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20  
October 1987 (1987-10-20),

D2: US-A-4 484 338 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20  
November 1984 (1984-11-20),

D3: BATEMAN S C ET AL: 'COMPARISON OF ALGORITHMS FOR  
USE IN ADAPTIVE ADJUSTMENT OF DIGITAL DATA  
RECEIVERS', IEEE PROCEEDINGS I. SOLID-STATE &  
ELECTRON DEVICES, Vol. 137, no. 2, PART 01, 1  
April 1990 (1990-04-01), pages 85-96,  
XP000113259.

- The present invention relates to a method for digital data equalizing as described in Claim 1, and a radio receiving device, as described in Claim 5, which implements said method.

Document D1 is the closest prior art in the international search report. Document D1 describes a method for digitally equalizing data received via a transmission channel, which separates into two groups the roots in the complex plane of the Z transform of the impulse-response of the channel.



The separation of the roots is based on the absolute value of said roots in relation to a threshold (i.e. according to a distance criterion relative to the origin of the complex plane). Subsequently, the method uses the reciprocal conjugate of the roots of the second group in order to carry out the digital processing.

The method of Claim 1 differs from that presented in document D1 mainly by the fact that the separation of the roots is based on a comparison of the **distance** of each of the roots **to the unit circle**, and not relative to the origin of the complex plane. Moreover, the method directly uses the roots for the rest of the processing, without relying on the reciprocal conjugates thereof.

These differences are not obvious to a person skilled in the art, and no indication regarding the separation of the roots into two groups based on a distance to the unit circle is given in either document D1 itself, or in documents D2 and D3.

In fact, nothing in the documents cited in the international search report would enable a person skilled in the art, starting from the method described in document D1, to arrive at the method of Claim 1 without exercising an inventive step.

3. Similar reasoning applies to independent Claim 5, since said claim consists of a device which implements the method of Claim 1, which is itself considered to be novel and to involve an inventive step.

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

International application No.

PCT/FR 99/02089

4. Finally, since dependent Claims 2-4 and 6-8 are dependent on claims considered to be novel and to involve an inventive step, they are also considered to be novel and to involve an inventive step.

REC'D 23 AUG 2000

WIPO

PCT

## RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

7T

Référence du dossier du déposant ou du mandataire BCT990053/BLO	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/02089	Date du dépôt international (jour/mois/année) 02/09/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 04/09/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H04L25/03		
Déposant NORTEL MATRA CELLULAR et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.



2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.

☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 5 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 29/03/2000	Date d'achèvement du présent rapport 18.08.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Chêne, X N° de téléphone +49 89 2399 8266 

**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02089

**I. Base du rapport**

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

**Description, pages:**

1-4,6-13                      version initiale

5                              reçue(s) le                      01/07/2000    avec la lettre du                      28/05/2000

**Revendications, N°:**

1-8                              reçue(s) le                      01/07/2000    avec la lettre du                      28/05/2000

**Dessins, feuilles:**

1/2,2/2                      version initiale

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description,      pages :  
☐ des revendications,    n°s :  
☐ des dessins,              feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02089

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

**1. Déclaration**

Nouveauté	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications

**2. Citations et explications**

**voir feuille séparée**

**Concernant le point V**

**Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1. Il est fait référence aux documents suivants cités dans le rapport de recherche international:  
**D1: US-A-4 701 936 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20 octobre 1987 (1987-10-20),**  
**D2: US-A-4 484 338 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20 novembre 1984 (1984-11-20),**  
**D3: BATEMAN S C ET AL: 'COMPARISON OF ALGORITHMS FOR USE IN ADAPTIVE ADJUSTMENT OF DIGITAL DATA RECEIVERS', IEEE PROCEEDINGS I. SOLID- STATE & ELECTRON DEVICES, vol. 137, no. 2, PART 01, 1 avril 1990 (1990-04-01), pages 85-96, XP000113259.**
2. La présente invention concerne un procédé d'égalisation numérique de données tel que décrit dans la revendication 1 ainsi qu'un dispositif récepteur de radiocommunication, tel que décrit dans la revendication 5, mettant en oeuvre ledit procédé .

L'état de la technique le plus proche apparaissant dans le rapport de recherche internationale est donné par le document D1. Le document D1 décrit un procédé d'égalisation numérique de données reçues par l'intermédiaire d'un canal de transmission, qui sépare en deux groupes les racines dans le plan complexe de la transformée en Z de la réponse impulsionnelle du canal. La séparation des racines est basée sur la valeur absolue de ces racines par rapport à un seuil (c'est-à-dire selon un critère de distance par rapport à l'origine du plan complexe). Par la suite, le procédé utilise l'inverse conjugué des racines du second groupe pour effectuer le traitement numérique.

Le procédé de la revendication 1 se distingue de celui présenté dans le document D1 principalement par le fait que la séparation des racines est fonction d'une comparaison de la **distance au cercle unité** de chacune des racines, et non par rapport à l'origine du plan complexe. En outre, le procédé utilise directement les

racines pour la suite du traitement, sans avoir recours à leur inverse conjugué.

Ces différences ne sont pas évidentes pour un homme de métier, et aucune indication concernant la séparation des racines en deux groupes en fonction d'une distance au cercle unité n'est donnée que ce soit dans le document D1 lui-même ou bien dans les documents D2 et D3.

De fait, rien dans les documents cités dans le rapport de recherche internationale ne permettrait à l'homme de métier, partant du procédé décrit dans le document D1, d'arriver au procédé de la revendication 1, sans impliquer une activité inventive.

3. Un raisonnement similaire s'applique à la revendication indépendante 5 dans la mesure où cette dernière constitue un dispositif mettant en oeuvre la méthode de la revendication 1, elle-même considérée comme nouvelle et impliquant une activité inventive.
4. Enfin, les revendications dépendantes 2-4 et 6-8, dépendant elle-mêmes de revendications considérées comme nouvelles et impliquant une activité inventive sont également considérées comme nouvelles et impliquant une activité inventive.

N. 01.07.00

Le brevet US 4 701 936 décrit un égaliseur de canal utilisant un filtre passe-tout déterminé en référence à la transformée en Z de la réponse impulsionnelle estimée du canal.

5 La présente invention a pour but de proposer un procédé d'égalisation procurant un bon compromis entre la fiabilité des estimations et la complexité de l'égaliseur.

Un autre but est d'obtenir un égaliseur nécessitant une puissance de calcul raisonnable et capable de traiter,  
10 avec des performances comparables à celles d'un égaliseur de Viterbi, des signaux dont les symboles ont un nombre d'états relativement élevés et/ou des signaux reçus suivant un canal de réponse impulsionnelle relativement étalée.

15 L'invention propose ainsi un procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles d'information discrets à partir d'échantillons numériques d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$   
20 coefficients,  $W$  étant un entier plus grand que 1. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- déterminer les  $W$  racines dans le plan complexe de la transformée en Z de la réponse impulsionnelle du canal ;

25 - répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines et un second ensemble de  $p$  racines,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance  
30 déterminé dans le plan complexe ;

- obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en Z, formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour  
35 racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- obtenir des estimations des symboles d'information discrets en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en Z, formée par



N. 01.07.00  
14R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles d'information discrets  $(d_k)$  à partir d'échantillons numériques  $(y_k)$  d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  étant un entier plus grand que 1, dans lequel on détermine les  $W$  racines  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  dans le plan complexe de la transformée en  $Z$   $(R(Z))$  de la réponse impulsionnelle du canal, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  et un second ensemble de  $p$  racines  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance déterminé dans le plan complexe ;

- obtenir un signal intermédiaire  $(Y')$  en appliquant au signal reçu  $(Y)$  une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$   $(R^S(Z))$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- obtenir des estimations  $(\hat{d}_k)$  des symboles d'information discrets en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$   $(R^I(Z))$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première méthode d'égalisation produit le signal

01.07.00  
15

intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(Y'_1, \dots, Y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $n$  est un entier représentant une taille de trame,  $Y$  est un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la seconde méthode d'égalisation comporte la mise en œuvre d'un algorithme de Viterbi.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le critère de distance au cercle unité, utilisé pour répartir les  $W$  racines  $\alpha_1, \dots, \alpha_W$  de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle du canal entre les premier et second ensembles, s'exprime par une distance  $\delta_q$  de la forme  $\delta_q = 1 - |\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| \leq 1$ , et de la forme  $\delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .

5. Récepteur de radiocommunication, comprenant :

- des moyens de conversion (1,3,4) pour produire des échantillons numériques  $(y_k)$  à partir d'un signal radio reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  étant un entier plus grand que 1 ;

- des moyens (6) de mesure de la réponse impulsionnelle du canal ;

- des moyens de calcul des  $W$  racines  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle mesurée ;

- des moyens de répartition des  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  et un second

M 01 07 00  
-16

ensemble de  $p$  racines  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance  
5 déterminé dans le plan complexe ;

- un premier étage d'égalisation pour obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu  $(y_k)$  une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^S(Z)$ ),  
10 formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- un second étage d'égalisation pour obtenir des estimations  $(\hat{d}_k)$  de symboles discrets d'un signal transmis sur le canal en appliquant au signal intermédiaire une  
15 seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^I(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

6. Récepteur selon la revendication 5, dans lequel le  
20 premier étage d'égalisation est agencé pour produire le signal intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(y'_1, \dots, y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $n$  est un entier représentant une taille de trame,  $Y$  est  
25 un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

7. Récepteur selon la revendication 5 ou 6, dans  
30 lequel le second étage d'égalisation est agencé pour mettre en œuvre un algorithme de Viterbi.

8. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel les moyens de répartition des racines comprennent, pour répartir les  $W$

N. 01.07.00  
-17

racines entre les premier et second ensembles, des moyens de vérification d'un critère de distance au cercle unité s'exprimant par une distance  $\delta_q$  de la forme

$$\delta_q = 1 - |\alpha_q| \quad \text{si } |\alpha_q| \leq 1, \quad \text{et de la forme } \delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$$

5 si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .



## REQUÊTE

Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets.



à l'office récepteur

Demande internationale n°

Date du dépôt international

Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"

Référence du dossier du déposant ou du mandataire (facultatif)  
(12 caractères au maximum) BCT990053/BLO

Cadre n° I TITRE DE L'INVENTION PROCÉDE D'EGALISATION NUMERIQUE, ET RECEPTEUR DE RADIOCOMMUNICATION METTANT EN OEUVRE UN TEL PROCÉDE.

Cadre n° II DÉPOSANT

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

NORTEL MATRA CELLULAR  
1 place des Frères Montgolfier  
78280 GUYANCOURT  
FRANCE

☐ Cette personne est aussi inventeur.

n° de téléphone

n° de télécopieur

n° de téléimprimeur

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

☐

tous les États désignés

☒

tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☐

les États-Unis d'Amérique seulement

☐

les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

DORNSTETTER Jean-Louis  
25 place Suzanne Lenglen  
78370 PLAISIR  
FRANCE

Cette personne est :

☐ déposant seulement

☒ déposant et inventeur

☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

☐

tous les États désignés

☐

tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☒

les États-Unis d'Amérique seulement

☐

les États indiqués dans le cadre supplémentaire

☒ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une feuille annexe.

Cadre n° IV MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE

La personne dont l'identité est donnée ci-dessous est/ a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme:

☒

mandataire

☐

représentant commun

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

LOISEL Bertrand  
CABINET PLASSERAUD  
84 rue d'Amsterdam  
75440 PARIS CEDEX 09  
FRANCE

n° de téléphone

01 44 63 41 11

n° de télécopieur

01 42 80 01 59

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est/n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

## Suite du cadre n° III AUTRES DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR

*Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la requête.*

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

BEN RACHED Nidham  
32 rue Barón  
75017 PARIS  
FRANCE

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☒ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

☐ tous les États désignés

☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☒ les États-Unis d'Amérique seulement

☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

BONHOMME Corinne  
24 rue des Coulommières  
77700 CHESSY  
FRANCE

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☒ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

☐ tous les États désignés

☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☒ les États-Unis d'Amérique seulement

☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☐ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

Cette personne est déposant pour :

☐ tous les États désignés

☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☐ les États-Unis d'Amérique seulement

☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☐ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

Cette personne est déposant pour :

☐ tous les États désignés

☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique

☐ les États-Unis d'Amérique seulement

☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

☐ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une autre feuille annexe.

## Cadre n° V DÉSIGNATION D'ÉTATS

Les désignations suivantes sont conformes à la règle 4.9.a) (cocher les cases appropriées: une au moins doit l'être):

## Brevet régional

- ☐ AP Brevet ARIPO : GH Ghana, GM Gambie, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Soudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, UG Ouganda, ZW Zimbabwe et tout autre État qui est un État contractant du Protocole de Harare et du PCT
- ☐ EA Brevet eurasién : AM Arménie, AZ Azerbaïdjan, BY Bélarus, KG Kirghizistan, KZ Kazakhstan, MD République de Moldova, RU Fédération de Russie, TJ Tadjikistan, TM Turkménistan et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet eurasién et du PCT
- ☒ EP Brevet européen : AT Autriche, BE Belgique, CH et LI Suisse et Liechtenstein, CY Chypre, DE Allemagne, DK Danemark, ES Espagne, FI Finlande, FR France, GB Royaume-Uni, GR Grèce, IE Irlande, IT Italie, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Pays-Bas, PT Portugal, SE Suède et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
- ☐ OA Brevet OAPI : BF Burkina Faso, BJ Bénin, CF République centrafricaine, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroun, GA Gabon, GN Guinée, GW Guinée-Bissau, ML Mali, MR Mauritanie, NE Niger, SN Sénégal, TD Tchad, TG Togo et tout autre État qui est un État membre de l'OAPI et un État contractant du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée).

## Brevet national (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée):

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> AE Émirats arabes unis                        | <input type="checkbox"/> LR Libéria                               |
| <input type="checkbox"/> AL Albanie                                    | <input type="checkbox"/> LS Lesotho                               |
| <input type="checkbox"/> AM Arménie                                    | <input type="checkbox"/> LT Lituanie                              |
| <input type="checkbox"/> AT Autriche                                   | <input type="checkbox"/> LU Luxembourg                            |
| <input type="checkbox"/> AU Australie                                  | <input type="checkbox"/> LV Lettonie                              |
| <input type="checkbox"/> AZ Azerbaïdjan                                | <input type="checkbox"/> MD République de Moldova                 |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnie-Herzégovine                         | <input type="checkbox"/> MG Madagascar                            |
| <input type="checkbox"/> BB Barbade                                    | <input type="checkbox"/> MK Ex-République yougoslave de Macédoine |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgarie                                   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brésil                          | <input type="checkbox"/> MN Mongolie                              |
| <input type="checkbox"/> BY Bélarus                                    | <input type="checkbox"/> MW Malawi                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada                          | <input type="checkbox"/> MX Mexique                               |
| <input type="checkbox"/> CH et LI Suisse et Liechtenstein              | <input type="checkbox"/> NO Norvège                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN Chine                           | <input type="checkbox"/> NZ Nouvelle-Zélande                      |
| <input type="checkbox"/> CU Cuba                                       | <input type="checkbox"/> PL Pologne                               |
| <input type="checkbox"/> CZ République tchèque                         | <input type="checkbox"/> PT Portugal                              |
| <input type="checkbox"/> DE Allemagne                                  | <input type="checkbox"/> RO Roumanie                              |
| <input type="checkbox"/> DK Danemark                                   | <input type="checkbox"/> RU Fédération de Russie                  |
| <input type="checkbox"/> EE Estonie                                    | <input type="checkbox"/> SD Soudan                                |
| <input type="checkbox"/> ES Espagne                                    | <input type="checkbox"/> SE Suède                                 |
| <input type="checkbox"/> FI Finlande                                   | <input type="checkbox"/> SG Singapour                             |
| <input type="checkbox"/> GB Royaume-Uni                                | <input type="checkbox"/> SI Slovénie                              |
| <input type="checkbox"/> GD Grenade                                    | <input type="checkbox"/> SK Slovaquie                             |
| <input type="checkbox"/> GE Géorgie                                    | <input type="checkbox"/> SL Sierra Leone                          |
| <input type="checkbox"/> GH Ghana                                      | <input type="checkbox"/> TJ Tadjikistan                           |
| <input type="checkbox"/> GM Gambie                                     | <input type="checkbox"/> TM Turkménistan                          |
| <input type="checkbox"/> HR Croatie                                    | <input type="checkbox"/> TR Turquie                               |
| <input type="checkbox"/> HU Hongrie                                    | <input type="checkbox"/> TT Trinité-et-Tobago                     |
| <input type="checkbox"/> ID Indonésie                                  | <input type="checkbox"/> UA Ukraine                               |
| <input type="checkbox"/> IL Israël                                     | <input type="checkbox"/> UG Ouganda                               |
| <input type="checkbox"/> IN Inde                                       | <input checked="" type="checkbox"/> US États-Unis d'Amérique      |
| <input type="checkbox"/> IS Islande                                    |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japon                           | <input type="checkbox"/> UZ Ouzbékistan                           |
| <input type="checkbox"/> KE Kenya                                      | <input type="checkbox"/> VN Viet Nam                              |
| <input type="checkbox"/> KG Kirghizistan                               | <input type="checkbox"/> YU Yougoslavie                           |
| <input type="checkbox"/> KP République populaire démocratique de Corée | <input type="checkbox"/> ZA Afrique du Sud                        |
|  | <input type="checkbox"/> ZW Zimbabwe                              |
| <input type="checkbox"/> KR République de Corée                        |   |
| <input type="checkbox"/> KZ Kazakhstan                                 |   |
| <input type="checkbox"/> LC Sainte-Lucie                               |   |
| <input type="checkbox"/> LK Sri Lanka                                  |   |

Cases réservées pour la désignation d'États qui sont devenus parties au PCT après la publication de la présente feuille :

- ☐   
 ☐

Déclaration concernant les désignations de précaution : outre les désignations faites ci-dessus, le déposant fait aussi conformément à la règle 4.9.b) toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation indiquée dans le cadre supplémentaire comme étant exclue de la portée de cette déclaration. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité doit être considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai. (Pour confirmer une désignation, il faut déposer une déclaration contenant la désignation en question et payer les taxes de désignation et de confirmation. La confirmation doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.)

Cadre n° VI REVENDEICATION DE PRIORITÉ		D'autres revendications de priorité sont indiquées dans le cadre supplémentaire.		
Date de dépôt de la demande antérieure (jour/mois/année)	Numéro de la demande antérieure	Lorsque la demande antérieure est une :		
		demande nationale : pays	demande régionale : * office régional	demande internationale : office récepteur
(1) (04.09.1998) 04 septembre 1998	98 11095	FRANCE		
(2) (07.10.1998) 07 octobre 1998	98 12552	FRANCE		
(3)				

☐ L'office récepteur est prié de préparer et de transmettre au Bureau international une copie certifiée conforme de la ou des demandes antérieures (seulement si la demande antérieure a été déposée auprès de l'office qui, aux fins de la présente demande internationale, est l'office récepteur) indiquées ci-dessus au(x) point(s) :

\* Si la demande antérieure est une demande ARIPO, il est obligatoire d'indiquer dans le cadre supplémentaire au moins un pays partie à la Convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle pour lequel cette demande antérieure a été déposée (règle 4.10.b)ii). Voir le cadre supplémentaire.

Cadre n° VII ADMINISTRATION CHARGÉE DE LA RECHERCHE INTERNATIONALE	
Choix de l'administration chargée de la recherche internationale (ISA) (si plusieurs administrations chargées de la recherche internationale sont compétentes pour procéder à la recherche internationale, indiquer l'administration choisie; le code à deux lettres peut être utilisé) :	Demande d'utilisation des résultats d'une recherche antérieure: mention de cette recherche (si une recherche antérieure a été effectuée par l'administration chargée de la recherche internationale ou demandée à cette dernière) :
ISA / EP	Date (jour/mois/année) Numéro Pays (ou office régional)
	31 mai 1999 FA 564758 France

Cadre n° VIII BORDEREAU; LANGUE DE DÉPÔT	
La présente demande internationale contient le nombre de feuilles suivant :	Le ou les éléments cochés ci-après sont joints à la présente demande internationale :
requête : 4	1. <input checked="" type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes
description (sauf partie réservée au listage des séquences) : 13	2. <input type="checkbox"/> pouvoir distinct signé
revendications : 4	3. <input type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant :
abrégé : 1	4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature
dessins : 2	5. <input checked="" type="checkbox"/> document(s) de priorité indiqué(s) dans le cadre n° VI au(x) point(s) :
partie de la description réservée au listage des séquences : _____	6. <input type="checkbox"/> traduction de la demande internationale en (langue) :
Nombre total de feuilles : 24	7. <input type="checkbox"/> indications séparées concernant des micro-organismes ou autre matériel biologique déposés
	8. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffable par ordinateur
	9. <input checked="" type="checkbox"/> autres éléments (préciser) : Copie du rapport de recherche
Figure des dessins qui doit accompagner l'abrégé : 1	Langue de dépôt de la demande internationale : Français

Cadre n° IX SIGNATURE DU DÉPOSANT OU DU MANDATAIRE	
À côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la requête, à quel titre l'intéressé signe.	
Paris, le 2 septembre 1999	
LOISEL Bertrand	

Réservé à l'office récepteur	
1. Date effective de réception des pièces supposées constituer la demande internationale :	2. Dessins : <input type="checkbox"/> reçus : <input type="checkbox"/> non reçus :
3. Date effective de réception, rectifiée en raison de la réception ultérieure, mais dans les délais, de documents ou de dessins complétant ce qui est supposé constituer la demande internationale :	
4. Date de réception, dans les délais, des corrections demandées selon l'article 11.2) du PCT :	
5. Administration chargée de la recherche internationale (si plusieurs sont compétentes) : ISA /	6. <input type="checkbox"/> Transmission de la copie de recherche différée jusqu'au paiement de la taxe de recherche.

Réservé au Bureau international	
Date de réception de l'exemplaire original par le Bureau international :	



# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGÉE DE  
L'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

Destinataire:

LOISEL, Bertrand  
CABINET PLASSERAUD  
84, rue d'Amsterdam  
F-75440 PARIS Cedex 09  
FRANCE

## PCT

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU  
RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE  
INTERNATIONAL  
(règle 71.1 du PCT)

Date d'expédition  
(jour/mois/année) 18.08.2000

Référence du dossier du déposant ou du mandataire  
BCT990053/BLO

**NOTIFICATION IMPORTANTE**

Demande internationale No.  
PCT/FR99/02089

Date du dépôt international (jour/mois/année)  
02/09/1999

Date de priorité (jour/mois/année)  
04/09/1998

Déposant

NORTEL MATRA CELLULAR et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.

2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.

3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.

#### 4. RAPPEL

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Lorsqu'une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen  
préliminaire international

Office européen des brevets  
D-80298 Munich  
Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

Ahrens. R

Tél. +49 89 2399-8136




# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## PCT

### RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire BCT990053/BLO		<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/02089		Date du dépôt international (jour/mois/année) 02/09/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 04/09/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H04L25/03			
Déposant NORTEL MATRA CELLULAR et al.			
<p>1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).</p> <p>Ces annexes comprennent 5 feuilles.</p>			
<p>3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I <input checked="" type="checkbox"/> Base du rapport</li> <li>II <input type="checkbox"/> Priorité</li> <li>III <input type="checkbox"/> Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle</li> <li>IV <input type="checkbox"/> Absence d'unité de l'invention</li> <li>V <input checked="" type="checkbox"/> Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration</li> <li>VI <input type="checkbox"/> Certains documents cités</li> <li>VII <input type="checkbox"/> Irrégularités dans la demande internationale</li> <li>VIII <input type="checkbox"/> Observations relatives à la demande internationale</li> </ul>			
Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 29/03/2000		Date d'achèvement du présent rapport 18.08.2000	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465		Fonctionnaire autorisé  Chêne, X  N° de téléphone +49 89 2399 8266	



**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02089

**I. Base du rapport**

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

**Description, pages:**

1-4,6-13	version initiale			
5	reçue(s) le	01/07/2000	avec la lettre du	28/05/2000

**Revendications, N°:**

1-8	reçue(s) le	01/07/2000	avec la lettre du	28/05/2000
-----	-------------	------------	-------------------	------------

**Dessins, feuilles:**

1/2,2/2	version initiale
---------	------------------

**2. Les modifications ont entraîné l'annulation :**

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, n°s :
- ☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

**4. Observations complémentaires, le cas échéant :**

**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02089

---

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

**1. Déclaration**

Nouveauté	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-8
	Non : Revendications

**2. Citations et explications**

**voir feuille séparée**

Concernant le point V

Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Il est fait référence aux documents suivants cités dans le rapport de recherche international:  
D1: US-A-4 701 936 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20 octobre 1987 (1987-10-20),  
D2: US-A-4 484 338 (CLARK ADRIAN P ET AL), 20 novembre 1984 (1984-11-20),  
D3: BATEMAN S C ET AL: 'COMPARISON OF ALGORITHMS FOR USE IN ADAPTIVE ADJUSTMENT OF DIGITAL DATA RECEIVERS', IEEE PROCEEDINGS I. SOLID- STATE & ELECTRON DEVICES, vol. 137, no. 2, PART 01, 1 avril 1990 (1990-04-01), pages 85-96, XP000113259.
2. La présente invention concerne un procédé d'égalisation numérique de données tel que décrit dans la revendication 1 ainsi qu'un dispositif récepteur de radiocommunication, tel que décrit dans la revendication 5, mettant en oeuvre ledit procédé .

L'état de la technique le plus proche apparaissant dans le rapport de recherche internationale est donné par le document D1. Le document D1 décrit un procédé d'égalisation numérique de données reçues par l'intermédiaire d'un canal de transmission, qui sépare en deux groupes les racines dans le plan complexe de la transformée en Z de la réponse impulsionnelle du canal. La séparation des racines est basée sur la valeur absolue de ces racines par rapport à un seuil (c'est-à-dire selon un critère de distance par rapport à l'origine du plan complexe). Par la suite, le procédé utilise l'inverse conjugué des racines du second groupe pour effectuer le traitement numérique.

Le procédé de la revendication 1 se distingue de celui présenté dans le document D1 principalement par le fait que la séparation des racines est fonction d'une comparaison de la **distance au cercle unité** de chacune des racines, et non par rapport à l'origine du plan complexe. En outre, le procédé utilise directement les

racines pour la suite du traitement, sans avoir recours à leur inverse conjugué.

Ces différences ne sont pas évidentes pour un homme de métier, et aucune indication concernant la séparation des racines en deux groupes en fonction d'une distance au cercle unité n'est donnée que ce soit dans le document D1 lui-même ou bien dans les documents D2 et D3.

De fait, rien dans les documents cités dans le rapport de recherche internationale ne permettrait à l'homme de métier, partant du procédé décrit dans le document D1, d'arriver au procédé de la revendication 1, sans impliquer une activité inventive.

3. Un raisonnement similaire s'applique à la revendication indépendante 5 dans la mesure où cette dernière constitue un dispositif mettant en oeuvre la méthode de la revendication 1, elle-même considérée comme nouvelle et impliquant une activité inventive.
4. Enfin, les revendications dépendantes 2-4 et 6-8, dépendant elle-mêmes de revendications considérées comme nouvelles et impliquant une activité inventive sont également considérées comme nouvelles et impliquant une activité inventive.

N. 01.07.00

Le brevet US 4 701 936 décrit un égaliseur de canal utilisant un filtre passe-tout déterminé en référence à la transformée en Z de la réponse impulsionnelle estimée du canal.

5 La présente invention a pour but de proposer un procédé d'égalisation procurant un bon compromis entre la fiabilité des estimations et la complexité de l'égaliseur.

Un autre but est d'obtenir un égaliseur nécessitant une puissance de calcul raisonnable et capable de traiter,  
10 avec des performances comparables à celles d'un égaliseur de Viterbi, des signaux dont les symboles ont un nombre d'états relativement élevés et/ou des signaux reçus suivant un canal de réponse impulsionnelle relativement étalée.

15 L'invention propose ainsi un procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles d'information discrets à partir d'échantillons numériques d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$   
20 coefficients,  $W$  étant un entier plus grand que 1. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- déterminer les  $W$  racines dans le plan complexe de la transformée en Z de la réponse impulsionnelle du canal ;

25 - répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines et un second ensemble de  $p$  racines,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance  
30 déterminé dans le plan complexe ;

- obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en Z, formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour  
35 racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- obtenir des estimations des symboles d'information discrets en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en Z, formée par

N. 01.07.00  
- 14 -R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles d'information discrets  $(d_k)$  à partir d'échantillons numériques  $(y_k)$  d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  étant un entier plus grand que 1, dans lequel on détermine les  $W$  racines  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  dans le plan complexe de la transformée en  $Z$   $(R(Z))$  de la réponse impulsionnelle du canal, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  et un second ensemble de  $p$  racines  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance déterminé dans le plan complexe ;
  - obtenir un signal intermédiaire  $(Y')$  en appliquant au signal reçu  $(Y)$  une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$   $(R^S(Z))$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et
  - obtenir des estimations  $(\hat{d}_k)$  des symboles d'information discrets en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$   $(R^I(Z))$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première méthode d'égalisation produit le signal



N 010700

intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(y'_1, \dots, y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $n$  est un entier représentant une taille de trame,  $Y$  est un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la seconde méthode d'égalisation comporte la mise en œuvre d'un algorithme de Viterbi.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le critère de distance au cercle unité, utilisé pour répartir les  $W$  racines  $\alpha_1, \dots, \alpha_W$  de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle du canal entre les premier et second ensembles, s'exprime par une distance  $\delta_q$  de la forme  $\delta_q = 1 - |\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| \leq 1$ , et de la forme  $\delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .

5. Récepteur de radiocommunication, comprenant :  
- des moyens de conversion (1,3,4) pour produire des échantillons numériques  $(y_k)$  à partir d'un signal radio reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  étant un entier plus grand que 1 ;

- des moyens (6) de mesure de la réponse impulsionnelle du canal ;

- des moyens de calcul des  $W$  racines  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle mesurée ;

- des moyens de répartition des  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  et un second

01.07.00  
-16

ensemble de  $p$  racines  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance  
5 déterminé dans le plan complexe ;

- un premier étage d'égalisation pour obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu  $(y_k)$  une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse  
impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^S(Z)$ ),  
10 formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- un second étage d'égalisation pour obtenir des estimations  $(\hat{d}_k)$  de symboles discrets d'un signal transmis sur le canal en appliquant au signal intermédiaire une  
15 seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^I(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

6. Récepteur selon la revendication 5, dans lequel le  
20 premier étage d'égalisation est agencé pour produire le signal intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(y'_1, \dots, y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $n$  est un entier représentant une taille de trame,  $Y$  est  
25 un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

7. Récepteur selon la revendication 5 ou 6, dans  
30 lequel le second étage d'égalisation est agencé pour mettre en œuvre un algorithme de Viterbi.

8. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel les moyens de répartition des racines comprennent, pour répartir les  $W$

11.01.07.00  
-17

racines entre les premier et second ensembles, des moyens de vérification d'un critère de distance au cercle unité s'exprimant par une distance  $\delta_q$  de la forme

$$\delta_q = 1 - |\alpha_q| \quad \text{si } |\alpha_q| \leq 1, \quad \text{et de la forme } \delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$$

5 si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .

An object of the present invention is to propose an equalization method achieving a good compromise between the reliability of the estimations and the complexity of the equalizer.

5        Another object is to produce an equalizer requiring a reasonable calculating power but capable of processing, with performance comparable to that of Viterbi equalizers, signals whose symbols have a relatively high number of states and/or signals carried on a channel with a  
10        relatively long impulse response.

Accordingly, the invention proposes a digital equalization method for estimating discrete symbols of a transmitted signal from digital samples of a signal received over a transmission channel represented by a  
15        finite impulse response of  $W+1$  coefficients,  $W$  being an integer greater than 1. This method comprises the steps of:

- determining the  $W$  roots in the complex plane of the Z-transform of the impulse response;
- 20        - distributing the  $W$  roots into a first set of  $W-p$  roots and a second set of  $p$  roots,  $p$  being an integer greater than 0 and smaller than  $W$ , the roots of the second set being closer to the unit circle than those of the first set according to a  
25        determined distance criterion in the complex plane;
- obtaining an intermediate signal by applying a first equalization method to the received signal based on a finite impulse response whose Z-transform, formed by a polynomial of degree  $W-p$  in  $Z^{-1}$ , has roots which  
30        are the  $W-p$  roots of the first set; and
- obtaining estimations of the discrete symbols of the transmitted signal by applying a second equalization method to the intermediate signal based on a finite

C L A I M S

1. A digital equalization method for estimating discrete symbols ( $d_k$ ) of a transmitted signal from digital samples ( $y_k$ ) of a signal received over a transmission channel represented by a finite impulse response of  $W+1$  coefficients ( $r_0, r_1, \dots, r_W$ ),  $W$  being an integer greater than 1, comprising the steps of:
- determining the  $W$  roots ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W$ ) in the complex plane of the Z-transform ( $R(Z)$ ) of the impulse response;
  - distributing the  $W$  roots into a first set of  $W-p$  roots ( $\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p}$ ) and a second set of  $p$  roots ( $\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W$ ),  $p$  being an integer greater than 0 and smaller than  $W$ , the roots of the second set being closer to the unit circle than those of the first set according to a determined distance criterion in the complex plane;
  - obtaining an intermediate signal ( $Y'$ ) by applying a first equalization method to the received signal ( $Y$ ) based on a finite impulse response whose Z-transform ( $R^S(Z)$ ), formed by a polynomial of degree  $W-p$  in  $Z^{-1}$ , has roots which are the  $W-p$  roots of the first set; and
  - obtaining estimations ( $\hat{d}_k$ ) of the discrete symbols of the transmitted signal by applying a second equalization method to the intermediate signal based on a finite impulse response whose Z-transform ( $R^I(Z)$ ), formed by a polynomial of degree  $p$  in  $Z^{-1}$ , has roots which are the  $p$  roots of the second set.

2. A method according to claim 1, wherein the first equalization method yields the intermediate signal in the form of a vector  $Y'$  of  $n+p$  samples  $(y'_1, \dots, y'_{n+p})$  obtained according to the relation :

5 
$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

where  $Y$  is a vector composed of  $n+W$  samples  $(y_k)$  of the received signal, and  $A'$  is a matrix with  $n+W$  rows and  $n+p$  columns having a Toeplitz structure formed from the coefficients  $(s_q)$  of said polynomial of degree  $W-p$  in  $Z^{-1}$   
10  $(R^S(Z))$ .

3. A method according to claim 1 or 2, wherein the second equalization method comprises implementing a Viterbi algorithm.

4. A method according to any one of claims 1 to 3,  
15 wherein the unit circle distance criterion, used to distribute the  $W$  roots  $\alpha_1, \dots, \alpha_W$  of the  $Z$ -transform  $(R(Z))$  of the channel impulse response into the first and second sets, is expressed as a distance  $\delta_q$  of the form  
$$\delta_q = 1 - |\alpha_q| \quad \text{if } |\alpha_q| \leq 1, \text{ and of the form } \delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$$
  
20 if  $|\alpha_q| > 1$ , for  $1 \leq q \leq W$ .

5. A radio communications receiver comprising :  
- conversion means (1,3,4) to produce digital samples  $(y_k)$  from a radio signal received over a transmission channel represented by a finite impulse  
25 response of  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  being an integer greater than 1;  
- means (6) for measuring the channel impulse response;

- means for calculating the  $W$  roots  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  in the complex plane of the  $Z$ -transform  $(R(Z))$  of the impulse response;
- means for distributing the  $W$  roots into a first set of  $W-p$  roots  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  and a second set of  $p$  roots  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  being an integer greater than 0 and smaller than  $W$ , the roots of the second set being closer to the unit circle than those of the first set according to a determined distance criterion in the complex plane;
- a first equalization stage for producing an intermediate signal by applying a first equalization method to the received signal  $(y_k)$  based on a finite impulse response whose  $Z$  transform  $(R^S(Z))$ , formed by a polynomial of degree  $W-p$  in  $Z^{-1}$ , has roots which are the  $W-p$  roots of the first set; and
- a second equalization stage for producing estimations  $(\hat{d}_k)$  of the discrete symbols of a signal carried on the channel by applying a second equalization method to the intermediate signal based on a finite impulse response whose  $Z$  transform  $(R^I(Z))$ , formed by a polynomial of degree  $p$  in  $Z^{-1}$ , has roots which are the  $p$  roots of the second set.

6. A receiver according to claim 5, wherein the first equalization stage is arranged to yield the intermediate signal in the form of a vector  $Y'$  of  $n+p$  samples  $(Y'_1, \dots, Y'_{n+p})$  obtained according to the relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

where  $Y$  is a vector composed of  $n+W$  samples  $(y_k)$  of the received signal, and  $A'$  is a matrix with  $n+W$  rows and  $n+p$  columns having a Toeplitz structure formed from the

coefficients  $(s_q)$  of said polynomial of degree  $W-p$  in  $z^{-1}$  ( $R^S(z)$ ).

7. A receiver according to claim 5 or 6, wherein the second equalization stage is arranged to implement a Viterbi algorithm.

8. A receiver according to any one of claims 5 to 7, wherein the means for distributing the  $W$  roots into the first and second sets make use of a unit circle distance criterion expressed as a distance  $\delta_q$  of the form

10  $\delta_q = 1 - |\alpha_q|$  if  $|\alpha_q| \leq 1$ , and of the form  $\delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$  if  $|\alpha_q| > 1$ , for  $1 \leq q \leq W$ .





## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : H04L 25/03	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/14936
		(43) Date de publication internationale: 16 mars 2000 (16.03.00)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02089

(22) Date de dépôt international: 2 septembre 1999 (02.09.99)

(30) Données relatives à la priorité:

98/11095	4 septembre 1998 (04.09.98)	FR
98/12552	7 octobre 1998 (07.10.98)	FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): NORTEL MATRA CELLULAR [FR/FR]; 1, place des Frères Montgolfier, F-78280 Guyancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): DORNSTETTER, Jean-Louis [FR/FR]; 25, place Suzanne Lenglen, F-78370 Plaisir (FR). BEN RACHED, Nidham [FR/FR]; 32, rue Baron, F-75017 Paris (FR). BONHOMME, Corinne [FR/FR]; 24, rue des Coulommières, F-77700 Chessy (FR).

(74) Mandataire: LOISEL, Bertrand; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

(81) Etats désignés: BR, CA, CN, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: DIGITAL EQUALISING METHOD, AND RADIO COMMUNICATION RECEIVER IMPLEMENTING SAID METHOD

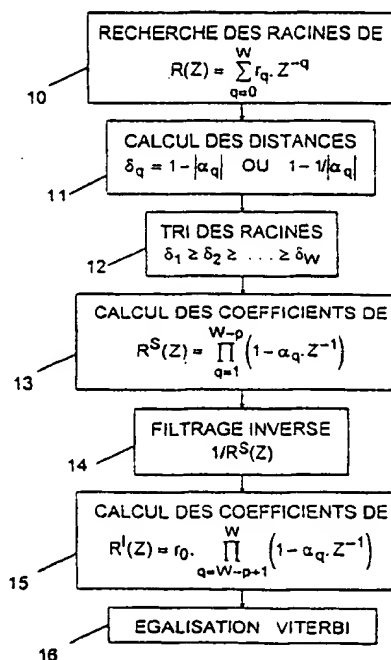
(54) Titre: PROCÉDE D'EGALISATION NUMÉRIQUE, ET RECEPTEUR DE RADIOCOMMUNICATION METTANT EN ŒUVRE UN TEL PROCÉDE

## (57) Abstract

The invention concerns a method for processing samples of a signal received via a channel represented by a pulse response of  $W+1$  coefficients which consists in: determining the  $W$  roots of the channel response  $Z$  transform; producing an intermediate signal by equalising the received signal by zero forcing method or the like based on the pulse response whereof the  $Z$  transform is a  $Z^{-1}$  polynomial of degree  $W-p$  having as roots those of the  $W$  roots which are furthest from the unit circle; then the estimations of the transmitted signal symbols are obtained by applying a Viterbi-type equalisation method or the like based on a pulse response whereof the  $Z$  transform is a  $Z^{-1}$  polynomial of degree  $p$  having as roots those of the  $W$  roots which are nearest to the unit circle.

## (57) Abrégé

Pour traiter des échantillons d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal représenté par une réponse impulsionnelle de  $W+1$  coefficients, on détermine les  $W$  racines de la transformée en  $Z$  de la réponse du canal, on produit un signal intermédiaire en égalisant le signal reçu par une méthode de "zero forcing" ou analogue sur la base d'une réponse impulsionnelle dont la transformée en  $Z$  est un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ayant pour racines celles des  $W$  racines qui sont les plus éloignées du cercle unité, puis on obtient les estimations des symboles du signal transmis en appliquant au signal intermédiaire une méthode d'égalisation de type Viterbi ou analogue sur la base d'une réponse impulsionnelle dont la transformée en  $Z$  est un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$  ayant pour racines celles des  $W$  racines qui sont les plus proches du cercle unité.



10... SEARCHING FOR ROOTS OF  
11... CALCULATING DISTANCES  
12... SORTING ROOTS  
15, 13... COMPUTING COEFFICIENT OF

14... REVERSE FILTERING  
16... VITERBI EQUALISATION

# *UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION*

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce		de Macédoine	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

PROCÉDÉ D'ÉGALISATION NUMÉRIQUE, ET RÉCEPTEUR  
DE RADIOCOMMUNICATION METTANT EN ŒUVRE UN TEL PROCÉDÉ

La présente invention concerne l'égalisation  
numérique des signaux. Elle trouve une application  
5 importante dans le domaine des radiocommunications.

Le procédé s'applique lorsqu'on reçoit un signal  
issu d'un émetteur par l'intermédiaire d'un canal de  
transmission entre émetteur et récepteur, dont la réponse  
est connue ou a été préalablement estimée. Un problème  
10 principal qui se pose alors est celui du compromis entre  
les performances de l'égaliseur et sa complexité.

Une estimation complète, selon le maximum de  
vraisemblance, de tous les symboles discrets composant le  
signal émis est possible, par exemple en employant  
15 l'algorithme de Viterbi (voir G.D. Forney Jr. : « The  
Viterbi Algorithm », Proc. of the IEEE, Vol. 61, No. 3,  
mars 1973, pages 268-278). Néanmoins, dès que la réponse  
impulsionnelle des canaux devient longue ou que le nombre  
de valeurs discrètes possibles des symboles devient  
20 important, la complexité exponentielle de ces méthodes les  
rend impraticables.

On considère le cas d'un canal de radiocommunication  
servant à la transmission d'un signal composé de séquences  
ou trames successives de  $n$  symboles  $d_k$  ( $1 \leq k \leq n$ ). Les  
25 symboles  $d_k$  sont à valeurs discrètes : binaires ( $\pm 1$ ) dans  
le cas d'une modulation de type BPSK (binary phase shift  
keying), quaternaires ( $\pm 1 \pm j$ ) dans le cas d'une modulation  
de type QPSK (quaternary phase shift keying)...

Après conversion en bande de base, numérisation et  
30 filtrage adapté, un vecteur  $Y$  du signal reçu reflétant les  
symboles émis sur la durée d'une trame a pour expression :

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_k \\ \vdots \\ Y_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ r_1 & r_0 & 0 & & \vdots \\ & r_1 & r_0 & \dots & 0 \\ & \vdots & r_1 & \dots & 0 \\ & & \vdots & & r_0 \\ r_W & & \vdots & & r_1 \\ 0 & r_W & & & \vdots \\ 0 & 0 & r_W & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & r_W \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_k \\ \vdots \\ d_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_{N,1} \\ Y_{N,2} \\ \vdots \\ Y_{N,k} \\ \vdots \\ Y_{N,L} \end{pmatrix} = A.D + Y_N \quad (1)$$

où  $W+1$  est la longueur, en nombre de bits, de la réponse impulsionnelle estimée du canal,  $\underline{r} = (r_0, r_1, \dots, r_W)$  est la réponse impulsionnelle estimée du canal, les  $r_q$  étant des  
 5 nombres complexes tels que  $r_q = 0$  si  $q < 0$  ou  $q > W$ ,  $Y_k$  est le  $k$ -ième échantillon complexe reçu avec  $1 \leq k \leq L = n + W$ , et  $Y_N$  est un vecteur de taille  $L$  composé d'échantillons de bruit additif  $Y_{N,k}$ . La réponse impulsionnelle estimée  $\underline{r}$  tient compte du canal de propagation, de la mise en forme du  
 10 signal par l'émetteur et du filtrage de réception.

La matrice  $A$  de taille  $L \times n$  a une structure de type Toeplitz le long de sa diagonale principale, c'est-à-dire que si  $\alpha_{i,j}$  désigne le terme situé à la  $i$ -ième ligne et à la  $j$ -ième colonne de la matrice  $A$ , alors  $\alpha_{i+1,j+1} = \alpha_{i,j}$  pour  
 15  $1 \leq i \leq L-1$  et  $1 \leq j \leq n-1$ . Les termes de la matrice  $A$  sont donnés par :  $\alpha_{i,j} = 0$  pour  $1 < j \leq n$  ( $A$  n'a donc que des zéros au-dessus de sa diagonale principale) ;  $\alpha_{i,1} = 0$  pour  $W+1 < i \leq L$  (structure de matrice-bande) ; et  $\alpha_{i,1} = r_{i-1}$  pour  $1 \leq i \leq W+1$ .

La relation matricielle (1) exprime que le signal  
 20 reçu  $Y$  est l'observation, affectée d'un bruit additif, du produit de convolution entre la réponse impulsionnelle du canal et les symboles émis. Ce produit de convolution peut encore s'exprimer par sa transformée en  $Z$  :

$$Y(Z) = R(Z) \cdot D(Z) + Y_N(Z) \quad (2)$$

25 où  $D(Z)$ ,  $Y(Z)$ ,  $R(Z)$  et  $Y_N(Z)$  sont les transformées en  $Z$

respectives des symboles émis, du signal reçu, de la réponse impulsionnelle du canal et du bruit :

$$D(Z) = \sum_{k=1}^n d_k \cdot Z^{-k} \quad (3)$$

$$Y(Z) = \sum_{k=1}^L y_k \cdot Z^{-k} \quad (4)$$

$$R(Z) = \sum_{q=0}^W r_q \cdot Z^{-q} \quad (5)$$

Une solution classique pour résoudre un système tel que (1) est la méthode dite de forçage à zéro (« zero forcing »), suivant laquelle on détermine le vecteur  $\hat{D}_{ZF}$  à  $n$  composantes continues qui minimise l'erreur quadratique  $\varepsilon = \|A\hat{D} - Y\|^2$ . Une discrétisation des composantes du vecteur  $\hat{D}_{ZF}$  relative à chaque canal intervient ensuite, souvent par le biais d'un décodeur de canal. La solution  $\hat{D}_{ZF}$  au sens des moindres carrés est donnée par :  $\hat{D}_{ZF} = (A^H A)^{-1} A^H Y$ , où  $A^H$  désigne la matrice transposée conjuguée de  $A$ . On est alors ramené au problème de l'inversion de la matrice hermitienne définie positive  $A^H A$ . Cette inversion peut être réalisée par divers algorithmes classiques, d'une manière directe (méthodes de Gauss, de Cholesky...) ou par des techniques itératives (algorithmes de Gauss-Seidel, du gradient...).

L'erreur d'estimation  $D - \hat{D}_{ZF}$  est égale à  $(A^H A)^{-1} A^H Y_N$ , ce qui montre que la solution obtenue est affectée d'un bruit de variance :

$$\sigma^2 = E(\|D - \hat{D}_{ZF}\|^2) = N_0 \times \text{Trace}[(A^H A)^{-1}] \quad (6)$$

où  $N_0$  est la densité spectrale de puissance du bruit. On voit qu'il se produit une amplification du bruit (« noise enhancement ») quand la matrice  $A^H A$  est mal conditionnée,

c'est-à-dire quand elle a une ou plusieurs valeurs propres proches de 0.

Cette amplification du bruit est le principal inconvénient des méthodes de résolution classiques. Dans la pratique, les cas de mauvais conditionnement de la matrice  $A^H A$  sont fréquents, particulièrement en présence de trajets multiples de propagation.

On connaît un moyen relativement simple de remédier en partie à cet inconvénient, en acceptant dans la solution un résidu d'interférence, c'est-à-dire en adoptant non pas la solution optimale au sens des moindres carrés, mais la solution:  $\hat{D}_{\text{MMSE}} = (A^H A + \hat{N}_0)^{-1} A^H Y$ , où  $\hat{N}_0$  désigne une estimation de la densité spectrale du bruit, que le récepteur doit alors calculer. Cette méthode est connue sous le nom de MMSE (minimum mean square error). Elle permet de diminuer la variante d'estimation par rapport à la méthode de « zero forcing », mais en introduisant un biais.

Les méthodes de « zero forcing » et analogues reviennent à opérer un filtrage inverse du signal reçu par un filtre, modélisant la fonction de transfert  $1/R(Z)$ , calculé par une certaine approximation (quadratique dans le cas du « zero forcing »). Lorsqu'une ou plusieurs racines du polynôme  $R(Z)$  (équation (5)) sont situées sur le cercle unité, le filtre inverse théorique présente des singularités telles qu'il ne peut pas être estimé par une approximation satisfaisante. Dans le cas de l'approximation quadratique, ceci correspond à la divergence de la variance de l'erreur  $\sigma^2$  lorsque la matrice  $A^H A$  a une valeur propre nulle (relation (6)).

Ce problème n'est pas rencontré dans les méthodes telles que l'algorithme de Viterbi qui prennent intrinsèquement en compte la nature discrète des symboles, mais qui requièrent une puissance de calcul très supérieure pour les systèmes de taille importante.

La présente invention a pour but de proposer un procédé d'égalisation procurant un bon compromis entre la fiabilité des estimations et la complexité de l'égaliseur.

Un autre but est d'obtenir un égaliseur nécessitant  
5 une puissance de calcul raisonnable et capable de traiter, avec des performances comparables à celles d'un égaliseur de Viterbi, des signaux dont les symboles ont un nombre d'états relativement élevés et/ou des signaux reçus suivant un canal de réponse impulsionnelle relativement  
10 étalée.

L'invention propose ainsi un procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles discrets d'un signal transmis à partir d'échantillons numériques d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission  
15 représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients,  $W$  étant un entier plus grand que 1. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- déterminer les  $W$  racines dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  de la réponse impulsionnelle du  
20 canal ;

- répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines et un second ensemble de  $p$  racines,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que  
25 celles du premier ensemble selon un critère de distance déterminé dans le plan complexe ;

- obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  
30  $Z$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- obtenir des estimations des symboles discrets du signal transmis en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse  
35 impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$ , formée par

un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

La « première méthode d'égalisation » sera généralement choisie de façon à traiter les symboles inconnus comme des variables continues. Elle conduit alors à une opération semblable à un filtrage inverse dont la fonction de transfert serait d'une forme approchant l'expression  $1/R^S(Z)$ , où  $R^S(Z)$  désigne le polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ayant pour racines les  $W-p$  racines les plus éloignées du cercle unité. Elle peut notamment être du type « zero forcing ». Cette opération ne génère qu'une amplification du bruit réduite, puisque les racines de la fonction de transfert en  $Z$  associée sont relativement éloignées du cercle unité.

Pour les  $p$  racines les plus proches du cercle unité, on adopte des mesures permettant de s'affranchir ou de limiter l'incidence du problème de l'amplification du bruit. On peut choisir une méthode MMSE ou analogue comme « seconde méthode d'égalisation ». Toutefois, cette seconde méthode tiendra avantageusement compte de la nature discrète des symboles inconnus. Elle pourra notamment reposer sur un algorithme à treillis, tel que l'algorithme de Viterbi, dont la mise en œuvre est courante dans les égaliseurs de canal quand la taille du système n'est pas trop grande.

La seconde méthode d'égalisation est généralement d'une mise en œuvre plus complexe que la première. Dans chaque cas particulier, le choix du nombre  $p$  permet de rechercher le meilleur compromis entre la fiabilité des estimations, qui fait préférer les valeurs élevées de  $p$ , et la complexité de l'égaliseur, qui fait préférer les valeurs faibles de  $p$ .

Un autre aspect de la présente invention se rapporte à un récepteur de radiocommunication, comprenant :

- des moyens de conversion pour produire des



échantillons numériques à partir d'un signal radio reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients,  $W$  étant un entier plus grand que 1 ;

5       - des moyens de mesure de la réponse impulsionnelle du canal ;

          - des moyens de calcul des  $W$  racines dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  de la réponse impulsionnelle mesurée ;

10       - des moyens de répartition des  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines et un second ensemble de  $p$  racines,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un  
15 critère de distance déterminé dans le plan complexe ;

          - un premier étage d'égalisation pour obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$ , formée par  
20 un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

          - un second étage d'égalisation pour obtenir des estimations de symboles discrets d'un signal transmis sur le canal en appliquant au signal intermédiaire une seconde  
25 méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$ , formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

30       D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

          - la figure 1 est un schéma synoptique d'un exemple de récepteur de radiocommunication selon l'invention ;

35       - la figure 2 est un organigramme montrant un mode

de réalisation du procédé selon l'invention ; et

- la figure 3 est un diagramme illustrant les performances du procédé.

Le récepteur représenté sur la figure 1 comporte un  
5 étage radio 1 qui reçoit le signal radio capté par l'antenne 2 et le convertit en bande de base. Le signal en bande de base est numérisé par un convertisseur analogique-numérique 3, puis fourni à un filtre de réception 4. Le filtre 4 assure un filtrage adapté à la  
10 mise en forme des signaux par l'émetteur. Il délivre un signal numérique à raison d'un échantillon complexe par symbole émis.

Ce signal numérique est fourni à un démodulateur comprenant d'une part un module 6 de synchronisation et  
15 d'estimation de canal, et d'autre part un égaliseur 7.

La synchronisation et l'estimation de canal sont par exemple effectuées de manière classique à l'aide d'une séquence de synchronisation incluse par l'émetteur dans chaque trame de signal. La détection de cette séquence,  
20 connue du récepteur, permet d'une part de synchroniser le récepteur par rapport à la structure temporelle des trames émises, et d'autre part d'estimer la réponse impulsionnelle  $\underline{r} = (r_0, r_1, \dots, r_W)$  du canal sur lequel les trames sont transmises. La réponse impulsionnelle calculée  
25 par le module 6 est fournie à l'égaliseur 7.

L'égaliseur 7 fonctionne par exemple conformément à l'organigramme représenté sur la figure 2 pour traiter chaque trame synchronisée du signal reçu, se présentant  
sous la forme d'un vecteur  $Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_L \end{pmatrix}$ , avec  $L=n+W$  en reprenant  
30 les notations précédentes.

Le module d'estimation de canal 6 ayant fourni les  $W+1$  coefficients complexes  $r_q$  de la réponse impulsionnelle estimée du canal, la première étape 10 consiste à

rechercher les  $W$  racines de la transformée en  $Z$  de cette réponse impulsionnelle, donnée par l'équation (5). Diverses méthodes classiques de recherche de racines complexes d'un polynôme peuvent être utilisées à l'étape 5 10. On pourra à cet égard se reporter à l'ouvrage de E. DURAND : « Solutions Numériques des Equations Algébriques ; Tome I : Equations du Type  $F(x)=0$  », Editions Masson, 1960.

Les  $W$  racines complexes ainsi trouvées  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W$  10 sont ensuite ordonnées de façon à pouvoir les répartir en deux ensembles, l'un contenant les  $W-p$  racines les plus éloignées du cercle unité, et l'autre les  $p$  racines les plus proches du cercle unité.

Pour cela, une distance  $\delta_q$  est calculée à l'étape 11 15 pour chacune des racines  $\alpha_q$  ( $1 \leq q \leq W$ ). Cette distance est avantageusement obtenue de la manière suivante :

$$\delta_q = \begin{cases} 1 - |\alpha_q| & \text{si } |\alpha_q| \leq 1 \\ 1 - 1/|\alpha_q| & \text{si } |\alpha_q| > 1 \end{cases} \quad (7)$$

A l'étape 12, les racines  $\alpha_q$  de la fonction de transfert  $R(Z)$  sont triées dans l'ordre des distances 20 décroissantes :  $\delta_1 \geq \delta_2 \geq \dots \geq \delta_W$ . On sépare alors les  $W-p$  premières racines  $\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p}$ , qui sont les plus éloignées du cercle unité, des  $p$  racines restantes  $\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W$ .

A l'étape 13, l'égaliseur 7 développe un polynôme en  $Z^{-1}$  défini par :

$$25 \quad R^S(Z) = \prod_{q=1}^{W-p} (1 - \alpha_q \cdot Z^{-1}) = \sum_{q=0}^{W-p} s_q \cdot Z^{-q} \quad (8)$$

Ceci permet de déterminer les coefficients  $s_q$  de la fonction de transfert  $R^S(Z)$  associée à la réponse impulsionnelle  $\underline{s} = (s_0, s_1, \dots, s_{W-p})$  d'un canal virtuel, qui correspondrait au canal de transmission estimé avec

élimination des contributions les plus proches des zones de singularité.

On peut alors procéder à une première égalisation 14 revenant à effectuer un filtrage inverse approchant la fonction de transfert  $1/R^S(Z)$ . Plusieurs implémentations peuvent être retenues pour effectuer ce filtrage inverse. On peut notamment effectuer une égalisation par « zero forcing » comme indiqué précédemment. Au sujet de ces méthodes, on pourra se reporter à l'ouvrage de J.G. Proakis : « Digital Communications » McGraw-Hill, 2<sup>e</sup> édition, 1989.

Le filtrage inverse 14 produit un signal intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $L'=n+p$  échantillons  $y'_1, \dots, y'_{L'}$ . Dans le cas d'une méthode de « zero forcing », le vecteur  $Y'$  est obtenu par la relation matricielle :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y \quad (9)$$

Dans l'expression (9),  $A'$  désigne une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz, formée à partir des coefficients  $s_q$  du polynôme  $R^S(Z)$  :

$$A' = \begin{pmatrix} s_0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ s_1 & s_0 & 0 & & \vdots \\ & s_1 & s_0 & \dots & 0 \\ \vdots & & s_1 & \dots & 0 \\ & \vdots & & \ddots & s_0 \\ s_{W-p} & & \vdots & & s_1 \\ 0 & s_{W-p} & & & \vdots \\ 0 & 0 & s_{W-p} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & s_{W-p} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Grâce au tri des racines  $\alpha_q$ , les valeurs propres de la matrice  $A'^H A'$  sont relativement éloignées de 0.

En variante, on pourrait réaliser le filtrage inverse en mettant en cascade  $W-p$  cellules de filtrage correspondant chacune à l'inverse d'une fonction de

transfert  $R_q^S(Z) = 1 - \alpha_q Z^{-1}$ , pour  $1 \leq q \leq W-p$ . Si  $|\alpha_q| = 1$ , le filtre inverse de  $R_q^S(Z)$  est irréalisable. Si  $|\alpha_q| < 1$ , on peut développer  $1/R_q^S(Z)$  sous la forme :

$$\frac{1}{R_q^S(Z)} = 1 + \alpha_q \cdot Z^{-1} + \alpha_q^2 \cdot Z^{-2} + \dots + \alpha_q^m \cdot Z^{-m} + \dots \quad (11)$$

5 Le développement (11) est causal, et stable puisque le domaine de convergence contient le cercle unité. La cellule de filtrage inverse peut donc être réalisée sous forme transverse ou sous forme récursive.

Si  $|\alpha_q| > 1$ , on peut développer  $1/R_q^S(Z)$  sous la  
10 forme :

$$\frac{1}{R_q^S(Z)} = -\alpha_q^{-1} \cdot Z \cdot \left( 1 + \alpha_q^{-1} \cdot Z + \alpha_q^{-2} \cdot Z^2 + \dots + \alpha_q^{-m} \cdot Z^m + \dots \right) \quad (12)$$

Ce développement (12) est anti-causal et stable. Pour la réalisation de la cellule de filtrage inverse, on tronque le développement (12) et on adopte une implémentation sous  
15 forme transverse. L'anti-causalité provoque un retard correspondant à la longueur de la réponse retenue.

On note que les développements (11) et (12) justifient le critère de distance au cercle unité  $\delta_q$  utilisé conformément à la relation (7).

20 A l'étape 15, l'égaliseur 7 développe un polynôme de degré  $p$  en  $Z^{-1}$ , dont les racines correspondent aux  $p$  racines de  $R(Z)$  les plus proches du cercle unité, tel que  $R(Z) = R^S(Z) \cdot R^I(Z)$  :

$$R^I(Z) = r_0 \cdot \prod_{q=W-p+1}^W (1 - \alpha_q \cdot Z^{-1}) = \sum_{q=0}^p t_q \cdot Z^{-q} \quad (13)$$

25 Les coefficients complexes  $t_q$  définissent la réponse impulsionnelle d'un autre canal de transmission virtuel, dont l'égalisation par une méthode de type « zero forcing » ou analogue poserait des problèmes d'amplification du bruit.

Le signal intermédiaire  $Y'$  est alors soumis à une égalisation selon une autre méthode, sur la base de la réponse impulsionnelle  $\underline{t} = (t_0, t_1, \dots, t_p)$ . Cette seconde égalisation 16 est avantageusement effectuée à l'aide d'un treillis de Viterbi (voir l'article précité de G.D. Forney Jr., ou l'ouvrage précité de J.G. Proakis).

Le second étage d'égalisation 16 produit les estimations  $\hat{d}_k$  des symboles de la trame ( $1 \leq k \leq n$ ). Ces estimations  $\hat{d}_k$  formant la sortie de l'égaliseur 7 peuvent être fournies à un module de désentrelacement 8 puis à un décodeur de canal 9 qui détecte et/ou corrige d'éventuelles erreurs de transmission.

La figure 3 illustre les performances du procédé dans le cas de la transmission d'une trame de signal selon le format du système radiotéléphonique cellulaire européen GSM, en remplaçant la modulation binaire de type GMSK par une modulation de phase à huit états (modulation 8-PSK). La réponse impulsionnelle du canal était tronquée à cinq temps bits ( $W=4$ ). La figure 3 montre la dépendance entre le taux d'erreur binaire BER, exprimé en %, et le rapport  $E_b/N_0$  entre l'énergie par bit et la densité spectrale du bruit, exprimé en décibels. Le BER est celui observé dans les estimations des symboles après le désentrelacement et le décodage de canal effectués conformément aux méthodes employées dans le GSM. La courbe I montre les résultats procurés par la méthode de « zero forcing » pur, c'est-à-dire dans le cas limite où  $p=0$ . La courbe II montre le résultat théorique qui serait obtenu en égalisant le canal purement avec l'algorithme de Viterbi (cas limite où  $p=W$ ). Dans la pratique, le treillis correspondant devrait comporter  $8^4=4096$  états, de sorte que l'égaliseur de Viterbi serait irréalisable avec les techniques actuelles. L'écart entre les courbes I et II illustre la supériorité de l'algorithme de Viterbi qui délivre les estimations selon le maximum de vraisemblance.

Les courbes III et IV montrent les résultats obtenus par le procédé selon l'invention, respectivement dans les cas où  $p=1$  et  $p=2$ . On voit l'amélioration très sensible des résultats déjà obtenue pour la valeur  $p=1$  par rapport  
5 au « zero forcing » pur.

A titre indicatif, l'égalisation d'une trame de signal GSM par l'algorithme de Viterbi pur dans les conditions de la figure 3 requerrait de l'ordre de 8,45 millions d'opérations en virgule flottante, soit environ  
10 1,83 Gflops, alors que la mise en œuvre de la présente invention dans les mêmes conditions requiert de l'ordre de 19000 opérations en virgule flottante ( $\approx 4,2$  Mflops) dans le cas où  $p=1$ , y compris la recherche des racines de  $R(Z)$  et le filtrage inverse  $1/R^S(Z)$  par la méthode « zero  
15 forcing ». Ce nombre est de l'ordre de 129000 opérations ( $\approx 28$  Mflops) dans le cas où  $p=2$ , ce qui reste compatible avec la puissance des processeurs de traitement de signal (DSP) actuellement disponibles.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé d'égalisation numérique, pour estimer des symboles discrets ( $d_k$ ) d'un signal transmis à partir d'échantillons numériques ( $y_k$ ) d'un signal reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients ( $r_0, r_1, \dots, r_W$ ),  $W$  étant un entier plus grand que 1, comprenant les étapes suivantes :

- déterminer les  $W$  racines ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W$ ) dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle du canal ;

- répartir les  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines ( $\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p}$ ) et un second ensemble de  $p$  racines ( $\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W$ ),  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance déterminé dans le plan complexe ;

- obtenir un signal intermédiaire ( $Y'$ ) en appliquant au signal reçu ( $Y$ ) une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^S(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- obtenir des estimations ( $\hat{d}_k$ ) des symboles discrets du signal transmis en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^I(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première méthode d'égalisation produit le signal



intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(Y'_1, \dots, Y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $Y$  est un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la seconde méthode d'égalisation comporte la mise en œuvre d'un algorithme de Viterbi.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le critère de distance au cercle unité, utilisé pour répartir les  $W$  racines  $\alpha_1, \dots, \alpha_W$  de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle du canal entre les premier et second ensembles, s'exprime par une distance  $\delta_q$  de la forme  $\delta_q = 1 - |\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| \leq 1$ , et de la forme  $\delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .

5. Récepteur de radiocommunication, comprenant :  
- des moyens de conversion (1,3,4) pour produire des échantillons numériques  $(y_k)$  à partir d'un signal radio reçu par l'intermédiaire d'un canal de transmission représenté par une réponse impulsionnelle finie de  $W+1$  coefficients  $(r_0, r_1, \dots, r_W)$ ,  $W$  étant un entier plus grand que 1 ;

- des moyens (6) de mesure de la réponse impulsionnelle du canal ;

- des moyens de calcul des  $W$  racines  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_W)$  dans le plan complexe de la transformée en  $Z$  ( $R(Z)$ ) de la réponse impulsionnelle mesurée ;

- des moyens de répartition des  $W$  racines en un premier ensemble de  $W-p$  racines  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{W-p})$  et un second ensemble de  $p$  racines  $(\alpha_{W-p+1}, \dots, \alpha_W)$ ,  $p$  étant un entier plus grand que 0 et plus petit que  $W$ , les racines du second ensemble étant plus proches du cercle unité que celles du premier ensemble selon un critère de distance déterminé dans le plan complexe ;

- un premier étage d'égalisation pour obtenir un signal intermédiaire en appliquant au signal reçu  $(y_k)$  une première méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^S(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$ , a pour racines les  $W-p$  racines du premier ensemble ; et

- un second étage d'égalisation pour obtenir des estimations  $(\hat{d}_k)$  de symboles discrets d'un signal transmis sur le canal en appliquant au signal intermédiaire une seconde méthode d'égalisation sur la base d'une réponse impulsionnelle finie dont la transformée en  $Z$  ( $R^I(Z)$ ), formée par un polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $p$ , a pour racines les  $p$  racines du second ensemble.

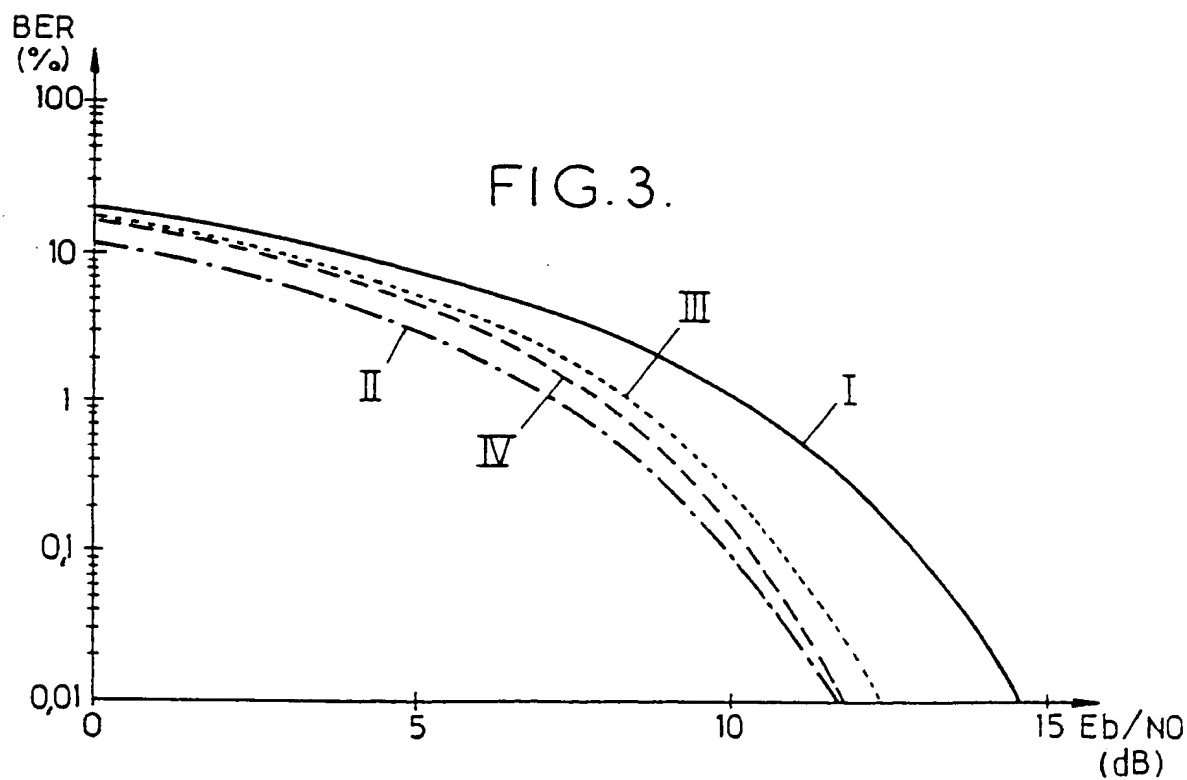
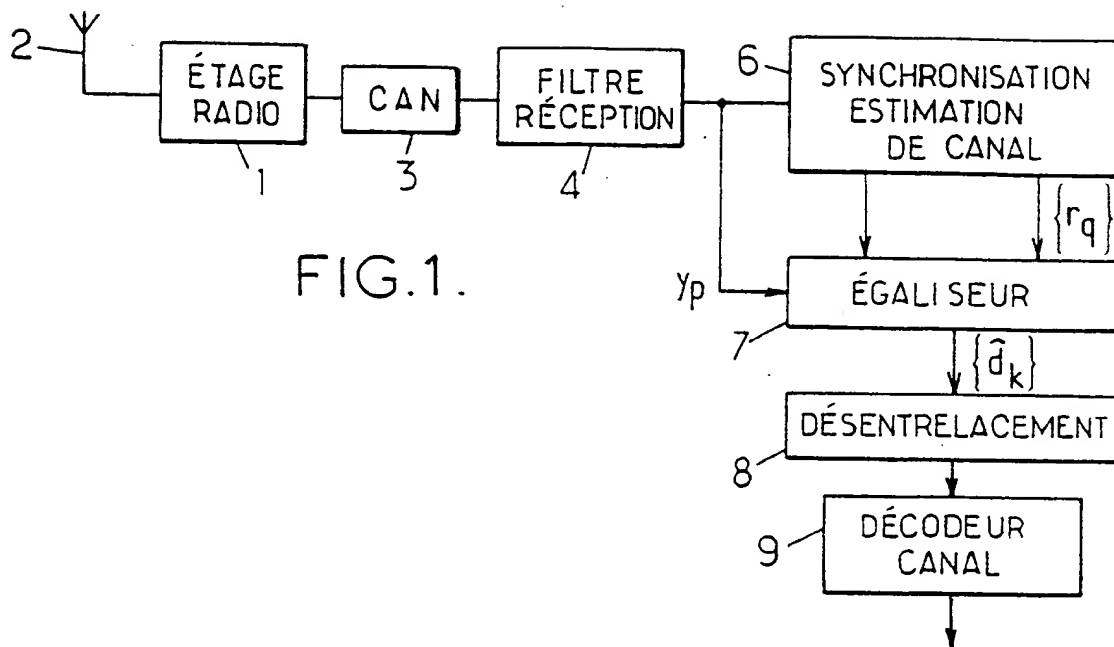
6. Récepteur selon la revendication 5, dans lequel le premier étage d'égalisation est agencé pour produire le signal intermédiaire sous la forme d'un vecteur  $Y'$  de  $n+p$  échantillons  $(Y'_1, \dots, Y'_{n+p})$  obtenu selon la relation :

$$Y' = (A'^H A')^{-1} A'^H Y$$

où  $Y$  est un vecteur formé de  $n+W$  échantillons  $(y_k)$  du signal reçu, et  $A'$  est une matrice de  $n+W$  lignes et  $n+p$  colonnes ayant une structure de Toeplitz formée à partir des coefficients  $(s_q)$  dudit polynôme en  $Z^{-1}$  de degré  $W-p$  ( $R^S(Z)$ ).

7. Récepteur selon la revendication 5 ou 6, dans lequel le second étage d'égalisation est agencé pour mettre en œuvre un algorithme de Viterbi.

8. Récepteur selon l'une quelconque des  
5 revendications 5 à 7, dans lequel les moyens de répartition des racines utilisent, pour répartir les  $W$  racines entre les premier et second ensembles, un critère de distance au cercle unité s'exprimant par une distance  $\delta_q$  de la forme  $\delta_q = 1 - |\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| \leq 1$ , et de la forme  
10  $\delta_q = 1 - 1/|\alpha_q|$  si  $|\alpha_q| > 1$ , pour  $1 \leq q \leq W$ .



2/2

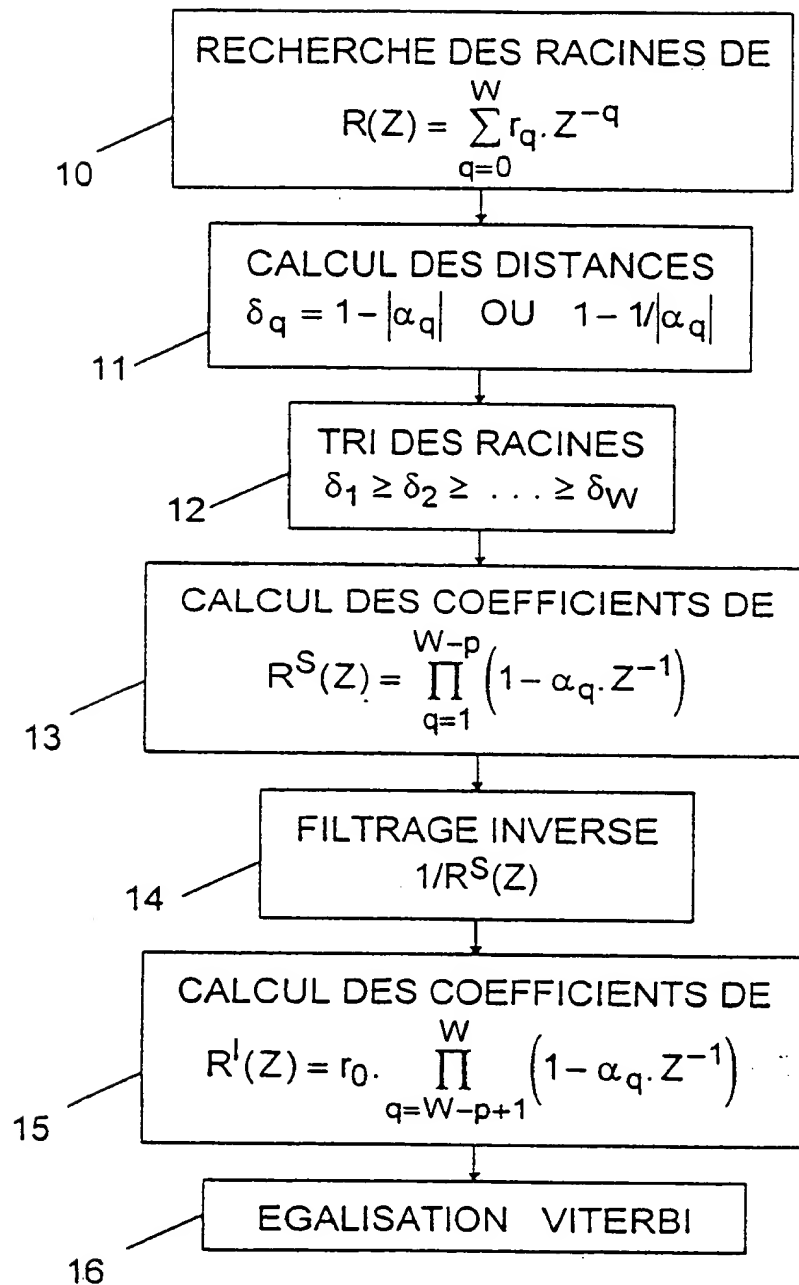


FIG.2.